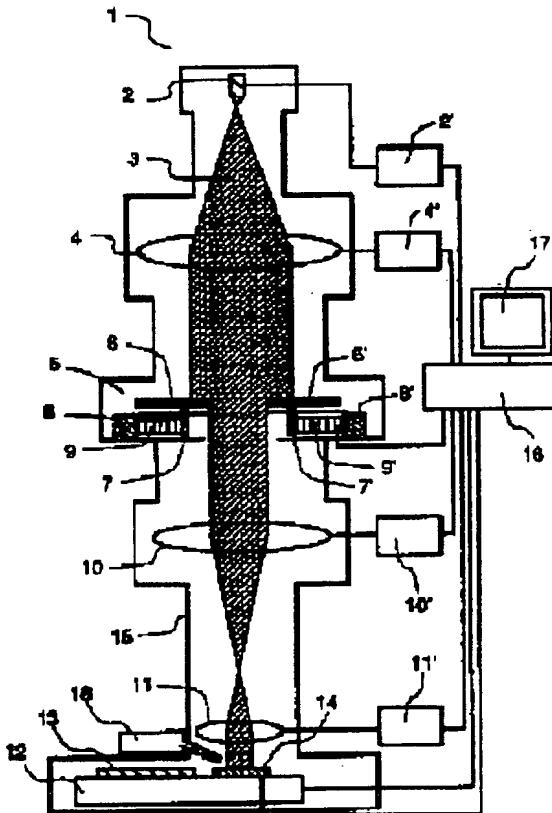


# METHOD AND SYSTEM FOR PROJECTING ION BEAM

**Patent number:** JP9205051  
**Publication date:** 1997-08-05  
**Inventor:** MADOKORO YUICHI; UMEMURA KAORU; KAWANAMI YOSHIMI  
**Applicant:** HITACHI LTD  
**Classification:**  
- **international:** H01L21/027  
- **european:**  
**Application number:** JP19960010664 19960125  
**Priority number(s):** JP19960010664 19960125

## Abstract of JP9205051

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a system for projecting an ion beam having a different profile to a sample by a constitution wherein the area of opening pattern of a mask is varied as required and a pattern ion beam of a different profile is projected to machine the sample. **SOLUTION:** An ion beam 3 emitted from an ion source 2 passes through an irradiation lens 4 and impinges on a mask 5 substantially normally thereto. The mask 5 determines an opening pattern through shields 6, 6' supported by supporting parts 7, 7'. Inching means 9, 9' disposed between fixed members 8, 8' and the supporting parts 7, 7' are telescoped by an electric signal and the shields 6, 6' are opened/closed to vary the opening area thus shaping an ion beam passing through the mask 5. The ion beam 3 passed through the mask 5 is temporarily condensed by means of a condenser lens 10 and can be projected to the surface of the sample as a parallel beam through a projection lens 11.



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide

(51)Int.C1.<sup>6</sup>  
H 01 L 21/027

識別記号

庁内整理番号

F I

H 01 L 21/30 551

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3 2 O L

(全11頁)

(21)出願番号 特願平8-10664

(22)出願日 平成8年(1996)1月25日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 間所 祐一

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株

式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 梅村 錠

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株

式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 川浪 義実

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株

式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

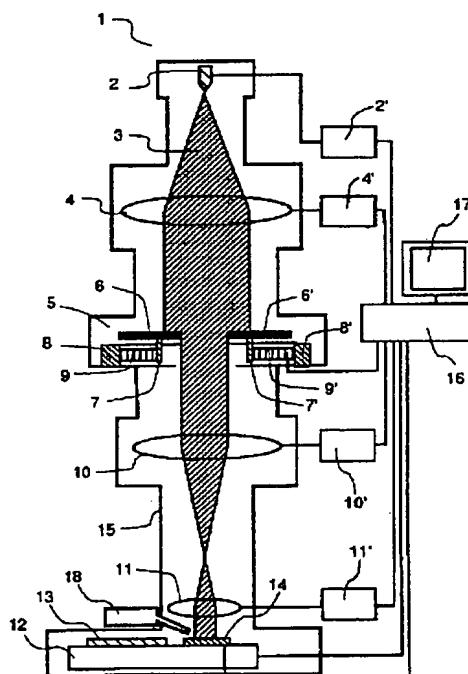
## (54)【発明の名称】イオンビーム投射方法およびその装置

## (57)【要約】

【課題】断面形状の異なるイオンビームを試料に投射できるイオンビーム投射方法およびこれを実現する装置を提供する。

【解決手段】イオンビーム投射装置で、開口パターンの面積が可変のマスク5を照射レンズ4の焦点位置に設置することで円形断面のイオンビーム3は矩形に成形できる。

図1



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】イオン源から引出したイオンビームを、開口パターンを有するマスクに照射し、上記マスクを通過したパターンイオンビームを投射光学系によって試料に投射して上記開口パターンの像を形成するイオンビーム投射方法において、必要に応じて上記マスクの開口パターンの面積を変えて形状の異なる上記パターンイオンビームを投射して、上記試料を加工することを特徴とするイオンビーム投射方法。

【請求項 2】請求項 1において、上記パターンイオンビームをビーム検出器に投射して像形状を確認または補正した後、上記試料の所望の位置に上記パターンイオンビームを投射するイオンビーム投射方法。

【請求項 3】請求項 2において、上記ビーム検出器を試料ステージの基準とし、上記ビーム検出器に上記イオンビームを投射して像形状を確認または補正した後、予め測定した上記ビーム検出器と試料内の基準との位置関係を基に試料ステージを移動して、上記試料の所望の位置に上記パターンイオンビームを投射するイオンビーム投射方法。

【請求項 4】イオン源から引出したイオンビームを、開口パターンの面積が可変であるマスクに照射し、上記マスクを通過したパターンイオンビームを投射光学系によって試料に投射して、上記開口パターンの像形状に加工を施すイオンビーム投射方法において、

上記試料表面に上記開口パターンに対応する凹部を形成する工程か、上記試料に向けてガスを導入しつつ、上記試料表面に上記開口パターンに対応する形状に膜を形成する工程か、上記試料に向けてガスを導入しつつ、上記試料表面に上記マスクの開口パターンに対応する形状に凹部を形成する工程か、上記試料表面の凸部を除去する工程かを含むイオンビーム投射方法。

【請求項 5】請求項 4において、上記試料が半導体素子であるイオンビーム投射方法。

【請求項 6】請求項 5において、上記パターンイオンビームを投射して、上記半導体素子の配線の断線、結合、もしくは新規配線形成のいずれかを行うイオンビーム投射方法。

【請求項 7】イオン源から引出したイオンビームを、開口パターンの面積が可変であるマスクに照射し、上記試料に向けてガスを導入しつつ、上記マスクを通過したパターンイオンビームを試料に投射して上記試料上に上記開口パターンの像を形成するイオンビーム投射方法において、上記試料が半導体素子であり、上記半導体素子表面に上記開口パターンに対応する形状の金属膜を形成する工程か、上記半導体素子表面に上記マスクの開口パターンに対応する形状の凹部を形成する工程か、上記半導体素子表面の凸部を除去する工程かのうちいずれかを含むことを特徴とする配線修復方法。

【請求項 8】イオン源から引出したイオンビームを、開

口パターンの面積が可変であるマスクに照射し、上記マスクを通過したパターンイオンビームを投射光学系によって物体に投射して、上記物体に上記開口パターンに対応する凹部の認識マークを刻印することを特徴とするマーキング方法。

【請求項 9】請求項 8において、上記認識マークは複数の矩形からなるマーキング方法。

【請求項 10】請求項 9において、上記物体が金属またはガラスであるマーキング方法。

【請求項 11】請求項 1において、上記開口パターンが細長い矩形の集合であり、上記試料上に形成されるパターンがグレーティングであるイオンビーム投射方法。

【請求項 12】イオン源と、イオンビームが通過する開口パターンを有するマスクと、上記マスクに上記イオン源から引出した上記イオンビームを照射する照射光学系と、試料を保持する試料ステージと、上記マスクを通過したパターンイオンビームを上記試料へ投射して上記開口パターンの像を上記試料上に形成する投射光学系とを含むイオンビーム投射装置において、上記マスクは、開口パターンの面積が可変であることを特徴とするイオンビーム投射装置。

【請求項 13】請求項 12において、上記照射光学系が、上記イオン源から放出したイオンビームの広がりを抑えて上記マスクに照射する照射レンズを有するイオンビーム投射装置。

【請求項 14】請求項 13において、上記マスクは上記照射レンズの焦点に位置するイオンビーム投射装置。

【請求項 15】請求項 12において、特に、上記マスクは複数の遮蔽板とこれを移動させる微動手段とを含み、開口パターン形状が 1 個の矩形であるイオンビーム投射装置。

【請求項 16】請求項 15において、上記マスクにおける開口の中心が常にイオン光学軸に位置するイオンビーム投射装置。

【請求項 17】請求項 12において、上記開口パターンは、複数の開口からなるイオンビーム投射装置。

【請求項 18】請求項 12において、上記マスクは、開口を有するシールド板と、上記開口の各々に対して実質的にイオンビーム通過領域を制限する遮蔽板と、上記遮蔽板を移動させるための微動手段とを含むイオンビーム投射装置。

【請求項 19】請求項 18において、上記実質的なイオンビーム通過領域は予め定めた複数の開口状態であるイオンビーム投射装置。

【請求項 20】請求項 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 または 19において、上記マスクにおける、少なくとも上記イオンビームの照射を受けるマスクの一部に、イオン光学軸から等距離に位置して複数の小開口を設け、該小開口の直下に電流検出器を配したイオンビーム投射装置。

【請求項 21】請求項 20において、さらに、上記電流検出器からの電流信号を取り込むと共に、照射イオンビームの軌道を調整する信号を発信する信号処理装置を有するイオンビーム投射装置。

【請求項 22】請求項 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 または 21において、上記試料面に形成される像を検出するビーム検出器を有するイオンビーム投射装置。

【請求項 23】請求項 20において、上記信号処理装置は試料面に形成される像を検出するビーム検出器からの信号を取り込むイオンビーム投射装置。

【請求項 24】請求項 21において、上記信号処理装置は上記マスクの微動手段を制御する信号を発信するイオンビーム投射装置。

【請求項 25】請求項 24において、上記ビーム検出器からの信号を表示する画像表示手段を有するイオンビーム投射装置。

【請求項 26】請求項 12において、上記イオンビームの照射を受ける部分は、上記照射するイオンビームに対するスパッタリング収率が 3 以下である材料で構成されているイオンビーム投射装置。

【請求項 27】請求項 26において、上記イオンビームがアルゴンイオンビームであり、上記マスクのうち少なくともイオンビーム照射を受ける部分が特に炭素、モリブデン、ニオブのうちの少なくともいずれかから成るイオンビーム投射装置。

【請求項 28】請求項 12において、上記試料に向けてガスを導入できるガス供給手段を備えたイオンビーム投射装置。

【請求項 29】請求項 28において、上記ガスが特に有機金属ガスまたは反応性ガスのいずれかであるイオンビーム投射装置。

【請求項 30】イオン源と、上記イオン源から引出したイオンビームが通過する開口パターンの面積が可変であるマスクと、上記マスクに上記イオンビームを照射する照射光学系と、試料を保持する試料ステージと、上記マスクを通過した上記イオンビームを上記試料へ投射して上記パターンの像を上記試料上に形成する投射光学系と、さらに、上記試料に向けてガスを導入できるガス供給手段を備えて、半導体素子上の配線を修復することを特徴とする配線修復装置。

【請求項 31】物体に認識マークを刻印するマーキング装置において、イオン源と、マークすべきマークに対応する開口パターンを有するマスクと、上記マスクを通過したイオンビームを上記物体に投射すべき投射レンズとから構成されたことを特徴とするマーキング装置。

【請求項 32】請求項 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 または 31において、上記イオン源が、特に、液体金属イオン源、電界電

離イオン源、または、微小放出点を持つプラズマイオン源のうちのいずれかであるイオンビーム投射装置または配線修復装置またはマーキング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マスクで成形されたイオンビームを用いて試料に微細加工を施すイオンビーム投射方法およびその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】イオンビーム投射装置は、イオンビームで照射したマスク上の開口パターンを、レンズで縮小して試料上に投射し、試料に生じる物理的または化学的な変化を利用して試料上に微細なパターンの加工を施す装置である。

【0003】従来例として、イオンビームでステンシルマスクのパターンを、試料であるホトレジストが塗布されたウエハに露光するイオン投射リソグラフィ装置が、論文集マイクロエレクトロニク エンジニアリング(Microelectronic Engineering), 第 17 卷 (1992 年) 第 229 頁から第 240 頁にかけて、『プログレス・イン・イオン・プロジェクト・リソグラフィ (Progress in Ion Projection Lithography)』と題する論文で示されている。

【0004】このイオン投射リソグラフィ装置の構成を図 2 で説明する。イオン投射リソグラフィ装置 20 において、イオン源 21 より引出したイオンビーム 22 は照射レンズ 23 によりステンシルマスク 24 に照射される。この場合、ホトレジストにできる限り微細なパターンを形成するために、軽元素である水素やヘリウムのイオンを、デュオプラズマトロン型イオン源を用いて放出させる。

【0005】マスクステージ 25 に保持されたステンシルマスク 24 には開口パターンが設けられていて、ステンシルマスク 24 を通過したイオンビーム 22 は集束レンズ 26 を介して、投射レンズ 27 により試料 28 に投射される。この時、投射レンズ 27 はステンシルマスク 24 に設けた開口パターンの像を試料 28 上に縮小して投射する。試料 28 は試料ステージ 29 に保持されていて、一度のイオンビーム投射が完了すれば、試料ステージ 29 が逐次移動し、試料面上の異なる位置に同じパターン像を投射する。このイオンビーム投射とステップアンドリピート式の試料ステージの移動により、試料面全体に同じパターンを数多く露光することができる。また、これらイオン光学系は真空容器 30 内に設置されている。

【0006】このように、イオンビームによってレジストにパターンを露光した後、試料を現像し、イオンビーム投射部のレジストを除去することによってステンシルマスク上の開口パターンの縮小パターンを形成することができる。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】上述のようなイオン投射リソグラフィ装置において、試料面に形成されるパターンは、ステンシルマスクに予め設けた開口パターンで決定される。試料上に形成される複数個のパターンは、イオンビームの間欠的な投射と試料ステージの逐次移動により同じパターンの繰返しである。

【0008】しかし、試料上に形成したいパターンは必ずしも常に同じパターンの繰返しではなく、時には試料面上に異なったパターンを形成したいというニーズは多い。これを実現するには、上述の従来方法では不可能であった。

【0009】本発明の第1の目的は、イオンビームをマスクの開口パターンに通過させて成形し、試料に投射するイオンビーム投射方法において、投射するパターン形状を変えるイオンビーム投射方法を提供することにある。本発明の第2の目的は、上記イオンビーム投射方法を用いて試料を加工する方法を提供することにあり、さらに、本発明の第3の目的は、上記第1と第2の目的を実現するためのイオンビーム投射装置を提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】上記本発明の第1の目的は、以下の構成により達成される。

【0011】(1) イオン源から引出したイオンビームを、開口パターンを有するマスクに照射し、上記マスクを通過したパターンイオンビームを投射光学系によって試料に投射して上記開口パターンの像を形成するイオンビーム投射方法であって、特に、必要に応じて上記マスクの開口パターンの面積を変えて形状の異なるパターンイオンビームを投射して、上記試料を加工するイオンビーム投射方法。

【0012】(2) 上記(1)のイオンビーム投射方法において、上記パターンイオンビームをビーム検出器に投射して像形状を確認または補正した後、上記試料の所望の位置に上記パターンイオンビームを投射するイオンビーム投射方法。

【0013】(3) 上記(2)のイオンビーム投射方法において、特に、上記ビーム検出器を試料ステージの基準とし、上記ビーム検出器に上記イオンビームを投射して像形状を確認または補正した後、予め測定した上記ビーム検出器と試料内の基準との位置関係を基に試料ステージを移動して、上記試料の所望の位置に上記パターンイオンビームを投射するイオンビーム投射方法。

【0014】また、上記本発明の第2の目的は、以下の構成により達成される。

【0015】(4) イオン源から引出したイオンビームを、開口パターンの面積が可変であるマスクに照射し、上記マスクを通過したパターンイオンビームを投射光学系によって試料に投射して、上記開口パターンの像形状

に加工を施すイオンビーム投射方法であって、上記試料表面に上記開口パターンに対応する凹部を形成する工程か、上記試料に向けてガスを導入しつつ、上記試料表面に上記開口パターンに対応する形状に膜を形成する工程か、上記試料に向けてガスを導入しつつ、上記試料表面に上記マスクの開口パターンに対応する形状に凹部を形成する工程か、上記試料表面の凸部を除去する工程かのうち、少なくともいずれかを含むイオンビーム投射方法。

【0016】(5) 上記(4)のイオンビーム投射方法において、特に、上記試料が半導体素子であるイオンビーム投射方法。

【0017】(6) 上記(5)のイオンビーム投射方法において、特に、上記パターンイオンビームを投射して、上記半導体素子の配線の断線、結合、もしくは新規配線形成のうちの少なくともいずれかを行なうイオンビーム投射方法。

【0018】(7) イオン源から引出したイオンビームを、開口パターンの面積が可変であるマスクに照射し、上記試料に向けてガスを導入しつつ、上記マスクを通過したパターンイオンビームを試料に投射して上記試料上に上記開口パターンの像を形成するイオンビーム投射方法において、特に、上記試料が半導体素子であり、上記半導体素子表面に上記開口パターンに対応する形状の金属膜を形成する工程か、上記半導体素子表面に上記マスクの開口パターンに対応する形状の凹部を形成する工程か、上記半導体素子表面の凸部を除去する工程かのうち、少なくともいずれかを含むことを特徴とする配線修復方法。

【0019】(8) イオン源から引出したイオンビームを、開口パターンの面積が可変であるマスクに照射し、上記マスクを通過したパターンイオンビームを投射光学系によって物体に投射して、上記物体に上記開口パターンに対応する凹部の認識マークを刻印するマーキング方法。

【0020】(9) 上記(8)のマーキング方法において、特に、上記認識マークは複数の矩形からなることを特徴とするマーキング方法。

【0021】(10) 上記(9)のマーキング方法において、上記物体が金属またはガラスであるマーキング方法。

【0022】(11) 上記(1)のイオンビーム投射方法において、上記開口パターンが細長い矩形の集合であり、上記試料上に形成されるパターンがグレーティングであるイオンビーム投射方法。

【0023】さらに、上記本発明の第3の目的は、以下の構成により達成される。

【0024】(12) イオン源と、イオンビームが通過する開口パターンを有するマスクと、上記マスクに上記イオン源から引出した上記イオンビームを照射する照射

光学系と、試料を保持する試料ステージと、上記マスクを通過したバターンイオンビームを上記試料へ投射して上記開口バターンの像を上記試料上に形成する投射光学系とを少なくとも備えたイオンビーム投射装置において、特に、上記マスクは、開口バターンの面積が可変であるイオンビーム投射装置。

【0025】(13) 上記(12)のイオンビーム投射装置において、特に、照射光学系が、上記イオン源から放出したイオンビームの広がりを抑えて上記マスクに照射する照射レンズを有するイオンビーム投射装置。

【0026】(14) 上記(13)のイオンビーム投射装置において、特に、上記マスクは上記照射レンズの焦点に位置するイオンビーム投射装置。

【0027】(15) 上記(12)のイオンビーム投射装置において、特に、上記マスクは複数の遮蔽板とこれを移動させる微動手段とを含み、開口バターン形状が一個の矩形であるイオンビーム投射装置。

【0028】(16) 上記(15)のイオンビーム投射装置において、特に、上記マスクにおける開口の中心が常にイオン光学軸に位置するイオンビーム投射装置、または、

(17) 上記(12)のイオンビーム投射装置において、特に、上記開口バターンは、複数の開口からなるイオンビーム投射装置。

【0029】(18) 上記(12)のイオンビーム投射装置において、特に、上記マスクは、開口を有するシールド板と、上記開口の各々に対して実質的にイオンビーム通過領域を制限する遮蔽板と、上記遮蔽板を移動させるための微動手段とを含むイオンビーム投射装置。

【0030】(19) 上記(18)のイオンビーム投射方法において、特に、上記実質的なイオンビーム通過領域は予め定めた複数の開口状態であるイオンビーム投射装置。

【0031】(20) 上記(12)から(19)のいずれかのイオンビーム投射装置において、特に、上記マスクにおける、少なくとも上記イオンビームの照射を受けるマスクの一部に、イオン光学軸から等距離に位置して複数の小開口を設け、該小開口の直下に電流検出器を配したイオンビーム投射装置。

【0032】(21) 上記(20)のイオンビーム投射装置において、さらに、上記電流検出器からの電流信号を取り込むと共に、照射イオンビームの軌道を調整する信号を発信する信号処理装置を有するイオンビーム投射装置。

【0033】(22) 上記(12)から(21)のいずれかのイオンビーム投射装置において、さらに、上記試料面に形成される像を検出するビーム検出器を有するイオンビーム投射装置。

【0034】(23) 上記(20)のイオンビーム投射装置において、さらに、上記信号処理装置は試料面に形

成される像を検出するビーム検出器からの信号を取り込むイオンビーム投射装置。

【0035】(24) 上記(21)のイオンビーム投射装置において、上記信号処理装置は上記マスクの微動手段を制御する信号を発信するイオンビーム投射装置。

【0036】(25) 上記(24)のイオンビーム投射装置で、更に、上記ビーム検出器からの信号を表示する画像表示手段を有するイオンビーム投射装置。

【0037】(26) 上記(12)のイオンビーム投射装置における上記マスクにおいて、少なくとも上記イオンビームの照射を受ける部分は、上記照射するイオンビームに対するスペッタリング収率が3以下である材料で構成されているイオンビーム投射装置。

【0038】(27) 上記(26)のイオンビーム投射装置において、上記イオンビームがアルゴンイオンビームであり、また、上記マスクのうち少なくともイオンビーム照射を受ける部分が特に炭素、モリブデン、ニオブのうちの少なくともいずれかから成るイオンビーム投射装置。

【0039】(28) 上記(12)のイオンビーム投射装置において、特に、上記試料に向けてガスを導入できるガス供給手段を備えたイオンビーム投射装置。

【0040】(29) 上記(28)のイオンビーム投射装置で、特に、上記ガスが特に有機金属ガスまたは反応性ガスのいずれかであるイオンビーム投射装置。

【0041】(30) イオン源と、上記イオン源から引出されたイオンビームが通過する開口バターンの面積が可変であるマスクと、上記マスクに上記イオンビームを照射する照射光学系と、試料を保持する試料ステージと、上記マスクを通過した上記イオンビームを上記試料へ投射して上記バターンの像を上記試料上に形成する投射光学系と、さらに、上記試料に向けてガスを導入できるガス供給手段を備えて、半導体素子上の配線を修復することを特徴とする配線修復装置。

【0042】(31) 物体に認識マークを刻印するマーキング装置であって、イオン源と、マークすべきマークに対応する開口バターンを有するマスクと、上記マスクを通過したイオンビームを上記物体に投射すべき投射レンズとから構成されたことを特徴とするマーキング装置。

【0043】(32) 上記(12)から(29)のいずれかのイオンビーム投射装置、または、上記(30)の配線修復装置、上記(31)のマーキング装置において、上記イオン源が、特に、液体金属イオン源、電界電離イオン源、または、微小放出点を持つプラスマイオン源のうちのいずれかであるイオンビーム投射装置または配線修復装置またはマーキング装置。

【0044】

【発明の実施の形態】

(実施例1) 本発明の一実施例を図1を用いて説明す

る。本実施例は、半導体素子の表面に配線を形成するためのイオンビーム投射装置である。

【0045】図1で、1はイオンビーム投射装置、2はイオン源、4は照射レンズ、5はマスク、10は集束レンズ、11は投射レンズ、14はビーム検出器である。イオン源2は本実施例ではアルゴンイオン源を用いた。イオン源2から放出したイオンビーム3は照射レンズ4によってマスク5にほぼ垂直に入射する。マスク5は遮蔽板6, 6'によって開口パターンを決め、遮蔽板6, 6'は支持部7, 7'によって支えられ、固定部材8, 8'と支持部7, 7'の間には微動手段9, 9'が設置されており、電気信号により微動手段9, 9'は伸縮し、遮蔽板6, 6'を開閉することで、開口面積を変え、実質的にマスク5を通過するイオンビーム形状を成形できる。

【0046】本実施例では、遮蔽板6, 6'をモリブデンで作成した。

【0047】マスク5を通過したイオンビーム3は集束レンズ10によって一旦集束し、投射レンズ11によってほぼ平行ビームにして、試料面に投射できる。この時、試料面にはマスク5によって形成された開口形状の縮小像が形成される。試料ステージ12には試料13と共にビーム検出器14が設置され、イオンビーム3をビーム検出器14に投射することで、試料面に到達するビーム形状を知ることができる。光学部品類はすべて真空容器15内に備えられている。

【0048】イオン源2や照射レンズ4、集束レンズ10、投射レンズ11にはそれぞれ電圧供給のための電源2', 4', 10', 11'が設置され、これらの出力は信号処理装置16によって制御される。また、信号処理装置16は、マスク5内の微動手段9, 9'を制御するための信号を発信したり、また、ビーム検出器14からの信号を取り込み、必要に応じてビーム形状を画像表示装置17に表示することができる。画像表示装置17に表示されたビーム形状の寸法、歪やボケに注目して、各レンズ強度を調整したり、マスク5の開口を調整し、所望のビーム形状であることを確認した後、試料13の所定の位置にビームを投射する。さらに、試料ステージ12の位置制御も信号処理器16によってなされるため、逐次、イオンビーム形状を変えつつ試料13の所定の位置に投射できる。

【0049】このような基本構成の装置によって、例えば、試料13の表面にホトレジストが塗布されていない基板そのものに対してイオン注入やエッチングを行うことができる。本実施例では、ビーム投射位置に有機金属ガスを供給できるガス供給手段18を設け、試料13にビームを投射する際、ガスを導入することでビーム形状に金属膜をデポジションできる。

【0050】特に、本装置では、マスク5の開口を逐一変えることができるため、種々の形状の金属パターン膜

をデポジションすることができる。従って、半導体デバイスの表面に形状の異なる配線や電極パッドを形成することができる。特に、配線形成ではデポジション用ガス（例えば、ヘキサカルボニルタングステン）を導入し、逆に配線を断線せねばならないときには、ガス導入を停止して断線（除去）すべき箇所のみにイオンビームが集中するように、マスク5を小さな開口パターンに制御すれば、スパッタリングによって断線作業ができる。このように、配線の形成、接続と断線を駆使することで、不良配線の修復が可能になる。

【0051】更に、積極的に基板を開口パターン状に凹部を形成したければ、ガス供給手段18からフッ素系や塩素系の反応性ガスを導入することで高速エッチングによる凹部形成が可能である。また、有機金属ガスや反応性ガスを導入することなく、スパッタリングのみの効果で、パターン状に凹部を形成することもでき、半導体素子上に形成されている配線など凸部を容易に除去できる。特に、マスクによってパターンの大きさを変えられるので、除去したい凸部の広がりに合わせてパターン寸法を制御してビーム投射すればよい。

【0052】試料面に設置したビーム検出器14によって、試料面に形成されるビーム形状が確認できる。逆に、検出したビーム形状の信号を信号処理装置16に取り込み、ビーム形状を画像表示手段17に出力し、予め定めたパターンと比較して、補正が必要ならば微動手段9, 9'に信号を発信し、パターン開口を補正することもできる。イオン源や各レンズへの電源の出力、試料ステージのコントロールは信号処理器によってなされると共に、マスクの開口の制御、ビーム検出器からの信号処理も行うことができる。

【0053】本実施例では、一種類のイオンビーム光学系を例にとって説明したが、照射レンズや投射レンズの数や位置、クロスオーバーの位置など違った他の構成でも上記の効果が得られる。また、イオン源には本例ではアルゴンイオン源を用いたが、シリコン基板に対してゲルマニウム液体金属イオン源や、キセノンなど不活性ガスイオン源であると試料への投射イオンによる汚染の心配がないのでさらによい。また、マスクの遮蔽板はニオブであっても寿命は長く、更に、炭素や炭化シリコンなどでも良好な結果をもたらす。

【0054】本発明によるイオンビーム投射装置によって、装置内の真空を破ることなく、異なった形状、面積を有するイオンビームを容易に計制することができる。

【0055】（実施例2）ここでは、マスク5の具体的形態について詳述する。

【0056】試料に到達するビーム形状を決めるマスクは、従来の投射型イオンビーム装置で用いられていた予め定められた開口パターンを持つステンシルマスクではなく、複数の部材を組合せる機構によって開口パターンの形状や面積を真空容器内で変えられ、しかも、ビーム

形状をビーム投射毎に変えることができる。しかも、マスクは照射レンズの焦点位置に設置されるため、投射レンズによって、マスクの開口パターンの像が試料面上に正確に形成できる。

【0057】例えば4枚の遮蔽板を組合せたマスクについて、図3を用いて説明する。照射レンズを通過したほぼ円形の断面形状40であるイオンビーム41は、4枚の遮蔽板42, 42', 43, 43'で構成されたマスク44によって成形される。この場合、マスク44を通過したイオンビーム45は矩形断面46となる。遮蔽板42と42', 43と43'とは常に反対方向で、かつ、同じ変位量だけ移動するため、形成される矩形開口47の形状が変わっても、その中心は移動しない。また、事前に矩形開口47の中心とイオンビーム41の中心を一致させておくことにより、マスク44を通過したイオンビーム45の中心はマスク44を照射するイオンビーム41の中心と一致し、移動しない。上記遮蔽板を駆動させる微動手段は機械的な機構でもよいし、圧電素子など電気的部品を用いてもよい。図中、符号48は遮蔽板42, 42', 43, 43'上でのイオンビームの照射跡である。

【0058】次に、マスクを2個のL字型遮蔽板の組合せで構成した場合を図4で説明する。L字型遮蔽板50, 51は僅かな空隙をもって、その一部が重なるように設置して、矩形開口53が形成できるマスク52を構成する。この場合、イオンビーム54は開口53の通過前では円形断面55を有するが、マスク52により矩形断面56を有するイオンビーム57に成形される。L字型遮蔽板50, 51は、X, Y方向に微動できるため、形成される矩形開口53の形状や面積を変えられる。また、その移動量を常に同じで、反対方向にすることで矩形開口52の中心は常に動かず、イオンビーム53の中心と一致している。

【0059】図5(a)はマスク部をイオン源側から見た図で、61は矩形開口62を有するシールド板であり、更に、矩形開口62の内部に遮蔽板63, 64, 65, 66によって開口67が形成され、イオンビームの断面形状を最終的に決定する。図5(b)はこの状態を試料側から見た図である。遮蔽板63は支持部68を介して微動手段69に連結され、この微動手段69は、シールド板61に固着された枠70に固定されている。その他の遮蔽板64, 65, 66についても同じ支持部71と微動手段72, 73, 74を有して枠70に固定されている。微動手段69, 72を同じ量だけ伸長させると、遮蔽板63, 64の間隔は狭まり、微動手段73, 74を同じ量だけ圧縮させると、遮蔽板65, 66の間隔は広がり、開口67は細長くなる。このようにして微動手段に伸縮を与えることで、遮蔽板間隔を制御して、所望の開口にできる。

【0060】図6(a)は図5(a)に示したマスクの

AA断面図である。直交する遮蔽板63(または64)と65は、互いに僅かな空隙をもって支持部によって保持される。遮蔽板65の支持部は符号75である。図6(b)は、円形断面のイオンビーム66がマスクに照射され、遮蔽板63, 64, 65によって矩形断面のビームになっている状態を示している。

【0061】さらに、図7は、マスクに照射されるイオンビームの中心とマスク中心(開口中心)とを容易に一致させる手段を搭載した例を示している。シールド板61に小開口76, 76'を設け、その直下にイオン電流検出器77, 77'を設置した。図7では小開口は2個のみ示されているが、実際には、90°ピッチで4個設けてあり、これら小開口はマスクの中心80から等距離に配置してある。小開口を通過してイオン電流検出器77, 77'に達したイオン電流は絶縁物78, 78'に被われた信号線79, 79'を通じて信号処理装置に至る。ビーム中心とマスク中心がほぼ一致していれば各電流検出器で測定される電流値に大きな違いがない。各電流値に違いがあれば、イオンビーム中心81'は、マスク中心80と一致していないことが判り、これらを一致させるようにイオンビーム66の軌道をアライナ(図示せず)などによって修正できる。

【0062】(実施例3)本実施例は、実施例1で示したイオンビーム投射装置による、半導体素子の配線の補修を行う方法であり、図8を用いて説明する。

【0063】図8(a)は半導体素子における配線部の一部の拡大図である。パッド81とパッド82は配線83によってつながれ、パッド84はパッド81ともパッド82とも電気的接続がない。このような状態にある配線を、パッド81とパッド82とは絶縁状態にし、パッド84とパッド82を結線するのを、イオンビーム投射装置を用いて行う方法を示す。

【0064】この試料をイオンビーム装置の試料室に投入し、まず、図8(b)のように配線83のほぼ中央85を中心とした矩形ビームを投射する。85'はこの時のビーム投射形状である。約1秒の投射により配線83はスパッタエッチングされ、断線し、パッド81とパッド82は絶縁状態になる。次にパッド82と84を接続するために、ガス源からタンクステンを含む有機金属W(CO)<sub>6</sub>を試料に吹き付けつつ、地点87を中心とした矩形ビームを投射して、一端がパッド82に重なるように配線86を形成する。次に、地点89を中心とした矩形ビームを投射して、一端がパッド84に、他端が配線86に重なるように配線88を形成する。

【0065】ここで、先の断線に用いた矩形ビームと、配線86, 88形成のための矩形ビームとは、同じマスクを用いており、高速にマスクの開口形状を変更しつつ、ビーム中心が85から87, 87から89に移動するように試料ステージを移動させている。この時マスクパターンの開口中心は一致している。

【0066】以上の一連の操作により、パッド81とパッド82が絶縁され、パッド84とパッド82はタンクステン配線86及び配線88により電気的に接続できた。

【0067】本実施例のように、形状可変の矩形ビームと、試料ステージ移動によって、半導体素子上の配線の断線と結線を行うことができる。このような加工は、従来の開口パターンを有するステンシルマスクを用いたイオンビーム投射装置では決して行うことができなかつた。

【0068】(実施例4) 本実施例は、開口パターンの面積が可変の開口部を複数個有するマーキング装置である。まず、図9を用いて、可変開口部の一つに注目してその構造を説明する。図9において、矩形開口90を有するシールド板91に照射したほぼ円形断面を有するイオンビーム92は、矩形開口93によって矩形断面94のイオンビーム95に成形される。この矩形開口90は、微動手段(図示せず)によってシールド板面に平行に移動できる遮蔽板96の位置で実質的開口93が決まる。従って、試料へのビーム投射毎に遮蔽板96の位置を変えることで試料には異なった形状の投射領域が形成される。

【0069】図10は可変開口部が複数個集合した状態を、試料台側から見た図である。96が遮蔽板、97が微動手段、98は実質的開口である。遮蔽板96の停止位置はステップ的であり、予め定めた位置にのみ停止できる。つまり、実質的開口98の種類は有限で、形成できるビーム形状は予め定めた数種類にできる。

【0070】ある実質的開口による投射領域を1個のマークとして割り当てると、複数個の矩形開口を設置し、各矩形開口について数種類の実質的開口を定めておくと、各遮蔽板96の独立した停止位置によって、多くの異なったマークを形成することができる。従って、矩形開口数が多いほど、遮蔽板96に設定する停止位置を多くするほど、多く種類のマークを形成することができる。例えば、矩形開口が14個で実質的開口の種類が3種類とすると、 $3^{14}$ 種類、つまり、約478万種のマークを形成することができる。さらに、開口が14個で実質的開口の種類が10種類と設定すると、100兆種の違ったマークが形成できる。実質的開口98の設定は、信号処理器(図示せず)からの信号によって、微動手段97を動かせる。

【0071】図11は開口数14個で実質的開口の種類が3種類の場合で、試料に形成される投射パターン(マーク)100の例である。101は1個の実質的開口に対応する投射領域である。投射領域101は、実質的開口量に対応して、大開口101a、中開口101b、小開口101cの3種のパターンからなり、これらの組合せにより約478万種のマークを作ることができる。

【0072】シールド板に設ける開口の配列、個数は図10に示したのに限らず、図12(a)は別の例である。シールド板110に照射されるビーム形状は円形に近いので、図10のように帯状に配列するよりも照射イオンビームを有効活用できる。また、設置する開口数の制限もない。図12(b)は図12(a)の開口で形成されたマークの一例である。この場合、投射領域を6種類で16箇所に形成するように設定したため、約2兆8200万種のマークを作ることができる。

【0073】このように形成されるマークは次のように利用できる。最近、金地金の模造品が多発している。金地金には製造場所や製造番号、純度などが刻印されているが、刻印形状や方法が簡単なため、純度の低いものに高純度のように偽造刻印されることがある。このような問題に対し、本発明によるイオンビーム投射装置を利用して、金地金にイオンビーム投射による図12(b)のようなマークを刻印することで偽造が防止できる。マークの寸法を、例えば、図12の場合、0.5mm程度にすることで、低倍率の光学顕微鏡で容易にマーク形状を確認できるとともに、他の方法では模倣できない。また、投射するイオン種を試料と同種にすることで、試料の純度は低下しない。金地金の場合、金イオンビームを投射する。具体的な数値を示すと、投射ビームは加速エネルギーが30keVの金イオンビームであり、マーク領域は500μm平方の約50%で深さ2μmとする。この時、除去される金は約5μg(約 $2.5 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$ )で、10gから1kgの金地金本体に比べて殆ど無視できる量である。この量をイオンビーム投射で10秒間でスパッタさせるためにはイオン電流約24μAで実現する。1秒でマークするにも約240μAで十分である。

【0074】上述のように、品物に偽造しにくいマークを刻むためには本発明によるイオンビーム投射装置を用いれば実現でき、投射するイオン種は金に限らず、品物も上記例に限ることではなく、他金属やガラスであってもよい。1個の開口を縦横比が極端に大きい矩形にして、この矩形開口を多数並べたマスクを用いて、ガラス板や金属面に投射して表面をスパッタすることで、微小グレーティングを作成することも可能である。

【0075】

【発明の効果】本発明によるイオンビーム投射方法およびその装置によると、マスクの開口パターンを逐一変えることで、形状や面積の異なるパターンイオンビームを、装置内の真空を開放することなく容易に試料に投射することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のイオンビーム投射方法を説明するための、イオンビーム投射装置のブロック図。

【図2】従来の投射型イオンビーム装置の説明図。

【図3】本発明のイオンビーム投射装置に用いるマスクの作用の斜視図。

【図4】本発明のイオンビーム投射装置に用いるマスクの作用の斜視図。

【図5】本発明によるイオンビーム投射装置に用いるマスクの説明図。

【図6】本発明によるイオンビーム投射装置に用いるマスクの説明図。

【図7】本発明によるイオンビーム投射装置に用いるマスクの説明図。

【図8】本発明のイオンビーム投射装置によって、半導体素子の配線を修正する時の手順の説明図。

【図9】本発明によるイオンビーム投射装置に用いるマスクの別の構造の斜視図。

【図10】本発明によるイオンビーム投射装置によってマークを施すために用いるマスクの構造の説明図。

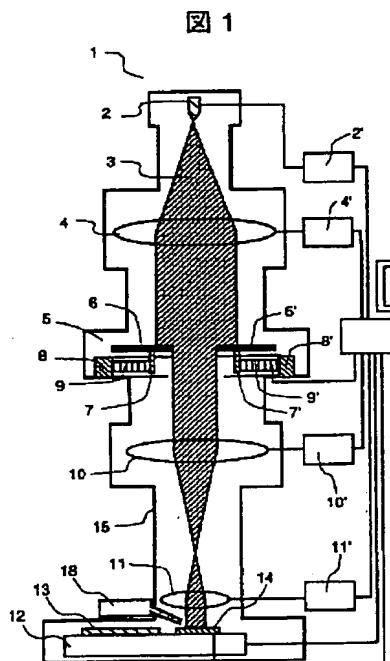
【図11】本発明によるイオンビーム投射装置によって品物の表面に形成されるマークの例の説明図。

【図12】本発明によるイオンビーム投射装置によってマークを施すために用いるマスクの別の構造の説明図。

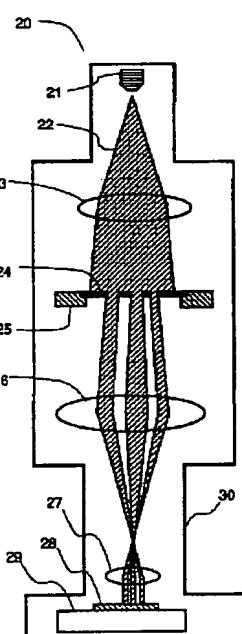
【符号の説明】

1…イオンビーム投射装置、2…イオン源、3…イオンビーム、4…照射レンズ、5…マスク、6…遮蔽板、10…集束レンズ、11…投射レンズ、13…試料、14…ビーム検出器、16…信号処理装置。

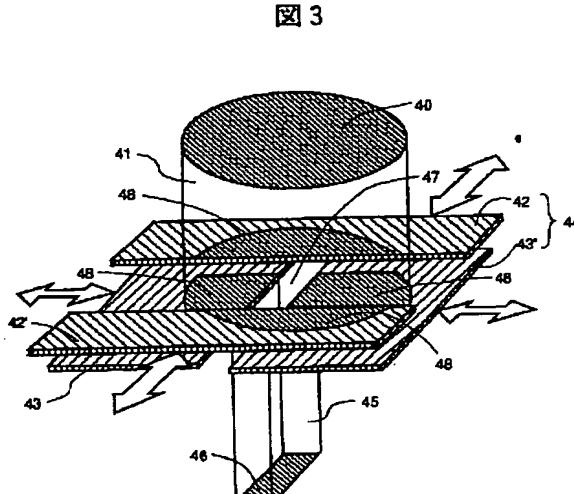
【図1】



【図2】



【図3】



【図10】

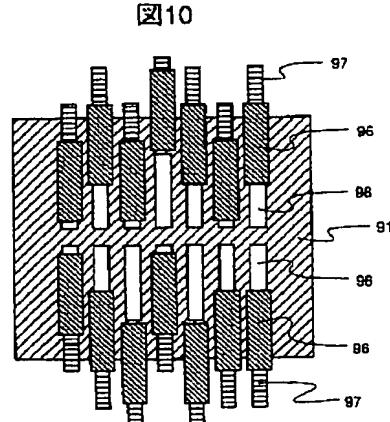


図10

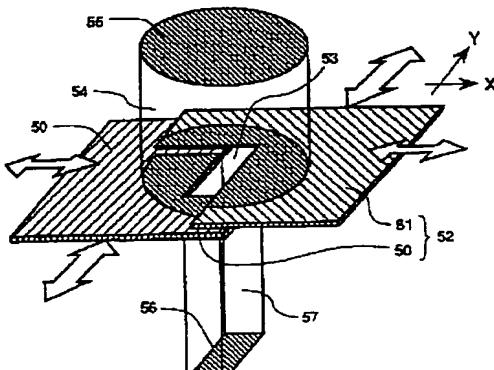
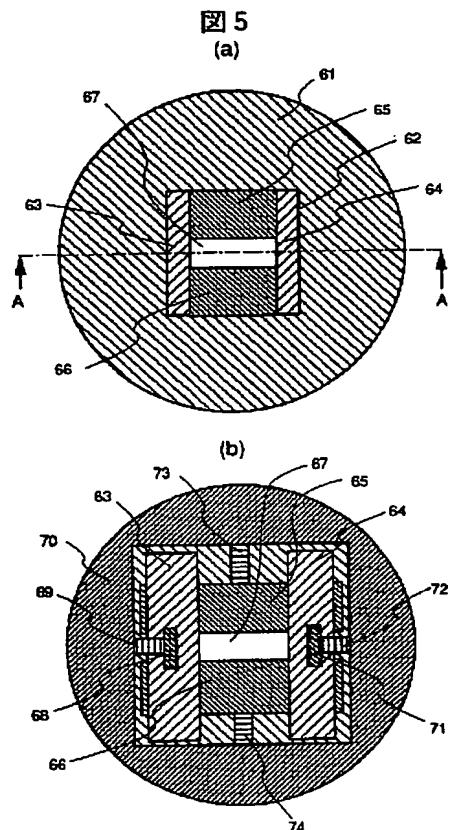
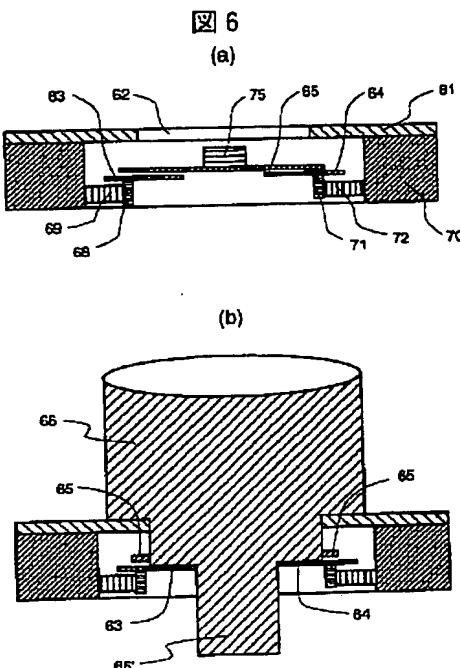


図4

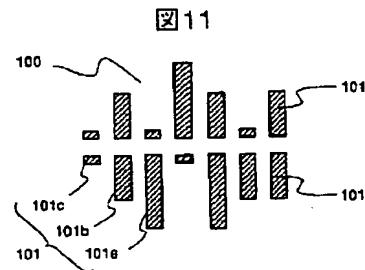
【図5】



【図6】



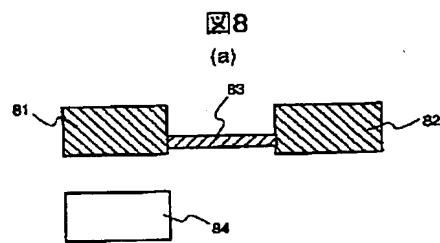
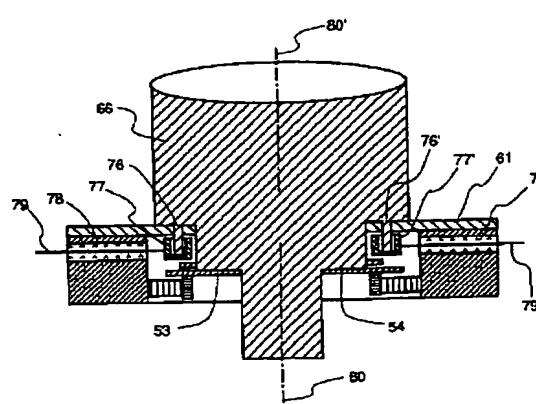
【図11】



【図8】

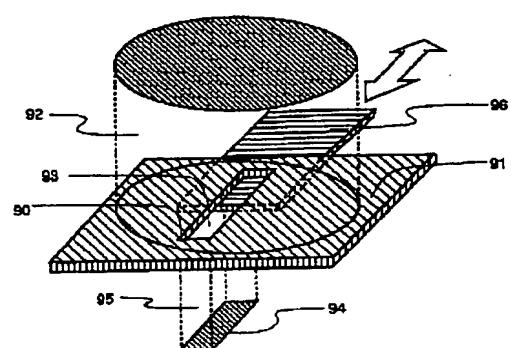
【図7】

図7



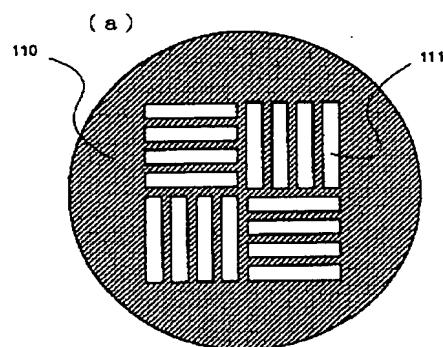
【図9】

図9

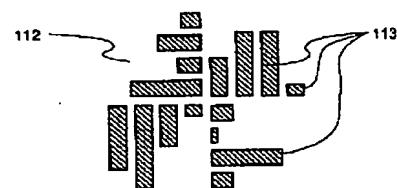


【図12】

図12



(a)



(b)